



АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Тема **ВВЕДЕНИЕ**

Преподаватели

- Антонова Александра Михайловна, доц., к.т.н.
- Воробьев Александр Владимирович, доц., к.т.н.

Структура дисциплины (8 семестр)

- Лекции – 46 ч.
- Практические занятия – 18 ч.
- Лабораторные занятия – 18 ч.
- Экзамен

Рекомендуемая литература

- Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции.-М: Издательство МЭИ, 2004.
- Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции.- М: Высш.школа, 1984 и др.
- Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции.-М: Энергоатомиздат, 1987.

Основные вопросы

- Предмет(объект) изучения
- Состояние и перспективы развития атомной энергетики
- Типы электростанций
- Классификация АЭС

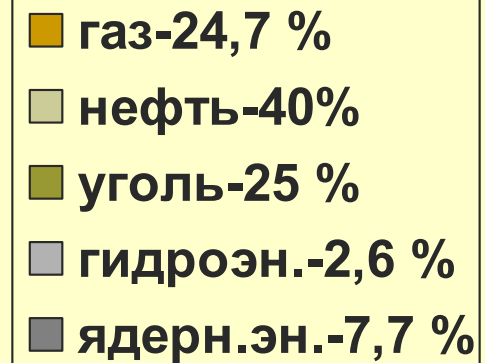
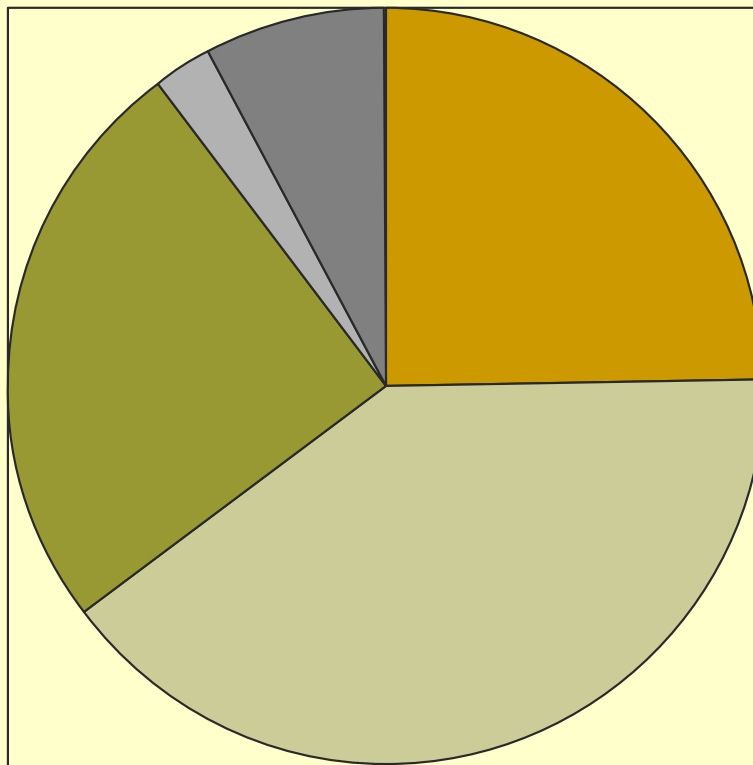
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

“Энергоустановка или группа энергоустановок для производства электрической энергии или электрической энергии и тепла”

[Типы электростанций]

- тепловые (ТЭС, КЭС, ГРЭС, ТЭЦ,...);
- атомные (АЭС, АКЭС, АТЭЦ);
- гидравлические (ГЭС, ГАЭС)

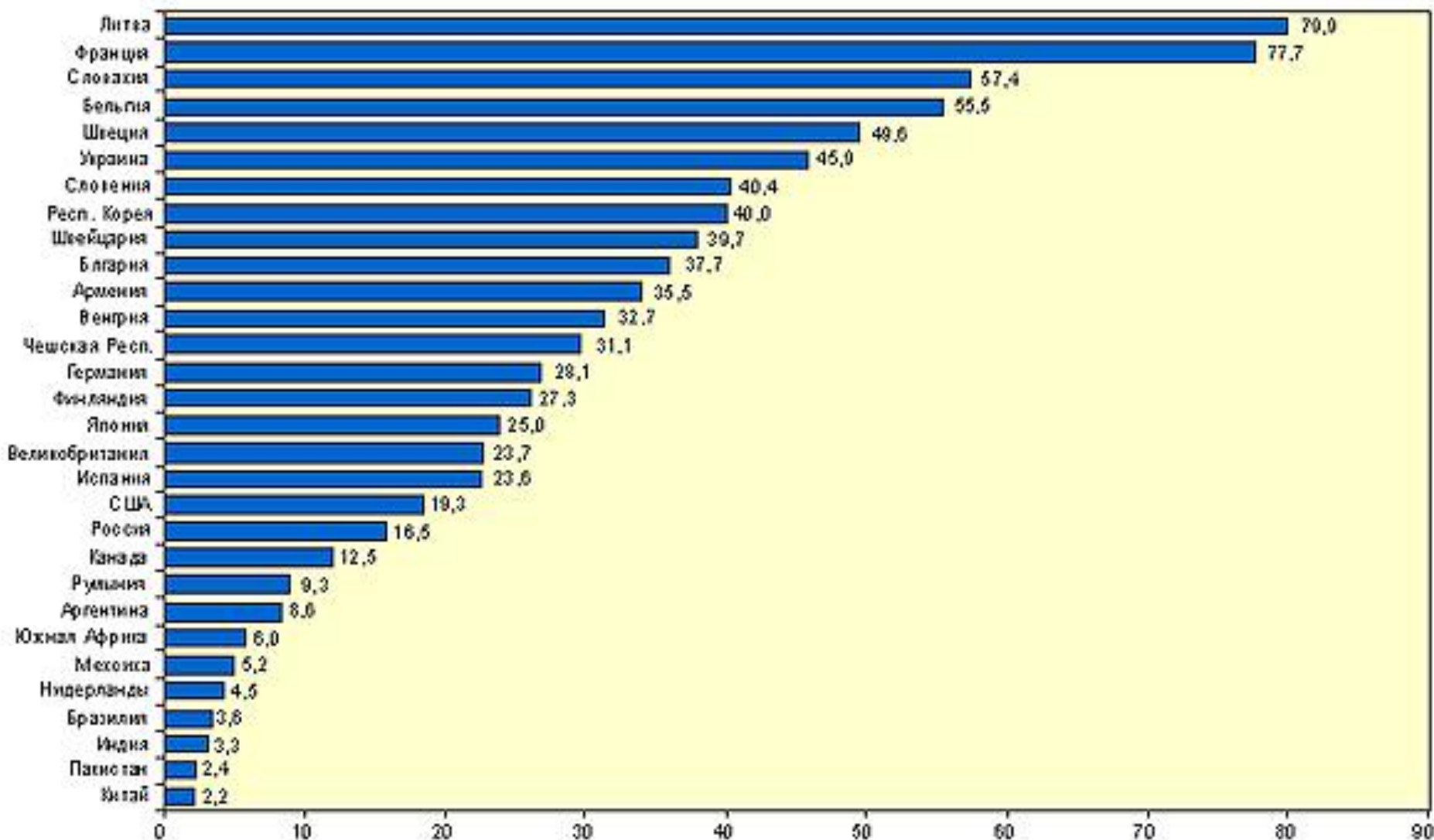
Роль различных энергоресурсов в мировом производстве энергии



АТОМНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

*Электростанция, преобразующая
энергию деления ядер атомов в
электрическую энергию или в
электрическую энергию и тепло*

Ядерная доля в производстве электроэнергии в 2003 году



Страны-лидеры в использовании атомной энергии

| СТРАНА | Уст.мощность АЭС, тыс.МВт | | Доля АЭС в выраб.эл.эн., % |
|----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|
| США | 102 | (104 яр.) | 20,1 |
| Франция | 60 | (59 яр.) | 77,1 |
| Япония | 44 | (53 яр.) | 29,7 |
| Россия | 22,3 | (30 яр) | 11,0 |
| Германия | 22 | (20 яр) | 28,9 |
| Канада | 15 | (21 яр) | 17,7 |

Всего на 25 января 2005 года во всем мире эксплуатировалась 441 АЭС с суммарной установленной электрической мощностью 367 249 ГВт(э), 26 атомных электростанций в процессе строительства

Страны-лидеры в строительстве атомных электростанций

| | |
|---------------|------------|
| ■ Южная Корея | – 7 блоков |
| ■ Китай | – 6 блоков |
| ■ Россия | – 6 блоков |
| ■ Украина | – 5 блоков |
| ■ Индия | – 4 блоков |
| ■ США | – 3 блоков |

Всего строительства АЭС ведется в 17 странах

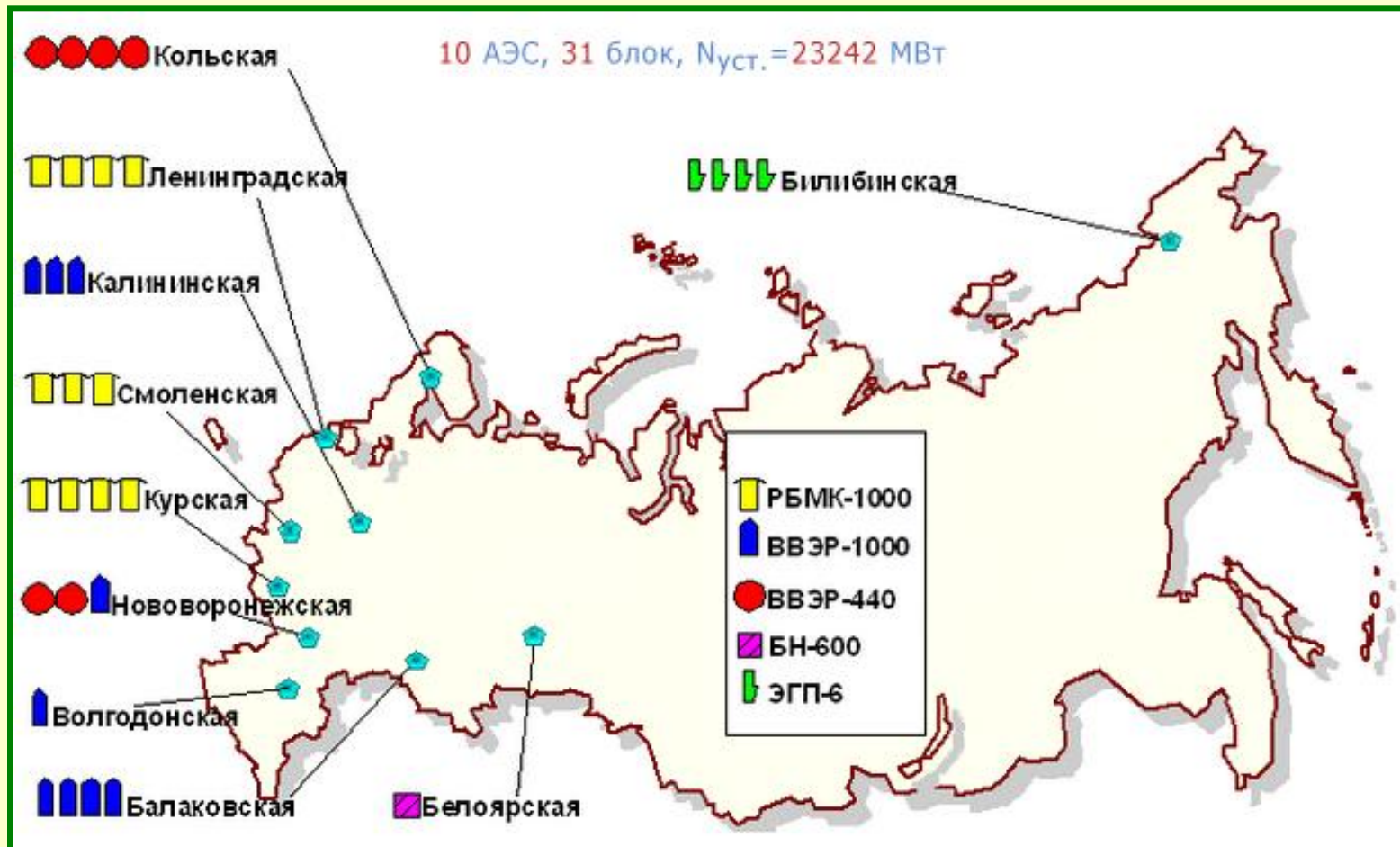
[Крупнейшие АЭС в мире]

- АЭС «ФУКУСИМА» 10 бл., 9100 МВт
- АЭС «КАШИВАДЗАКИ КАРИВА» 7 бл., 8200 МВт
- ЗАПОРОЖСКАЯ АЭС 6 бл., 6000МВт

История атомной энергетики России

- **1954г. Обнинск, Первая АЭС, 5 МВт**
- 1958г. Белоярская АЭС, АМБ, БН
- 1964г. Нововоронежская АЭС, ВВЭР
- 1973г. Ленинградская АЭС, РБМК
- 1973г. Кольская АЭС, ВВЭР
- 1974г. Билибинская АТЭЦ, ЭГП
- 1976г. Курская АЭС, РБМК
- 1980г. Белоярская АЭС, БН-600
- 1982г. Смоленская АЭС, РБМК
- 1989г. Калининская АЭС, ВВЭР
- 1989г. Балаковская АЭС, ВВЭР
- 2001г. Ростовская АЭС, ВВЭР

План размещения АЭС России



Современное состояние атомной энергетики России

- ВВЭР-440 6 шт.
- ВВЭР-1000 9 шт.
- РБМК-1000 11 шт.
- БН-600 1 шт.
- ЭГП-6 4 шт.

***ВСЕГО 31 ЭНЕРГОБЛОК ОБЩЕЙ МОЩНОСТЬЮ –
22,3 тыс.МВт***

Крупнейшие АЭС в России

- Ленинградская АЭС 4 бл., 4000 МВт
- Балаковская АЭС 4 бл., 4000 МВт (+1 бл.)
- Курская АЭС 4 бл., 4000 МВт (+1 бл.)

Особенности АЭС

- экологичность («парниковый эффект»)
- относительная дешевизна топлива;
- относительно большая удельная стоимость;
- большая длительность строительства;
- необходимость затрат на прекращение эксплуатации;
- необходимость замкнутого топливного цикла

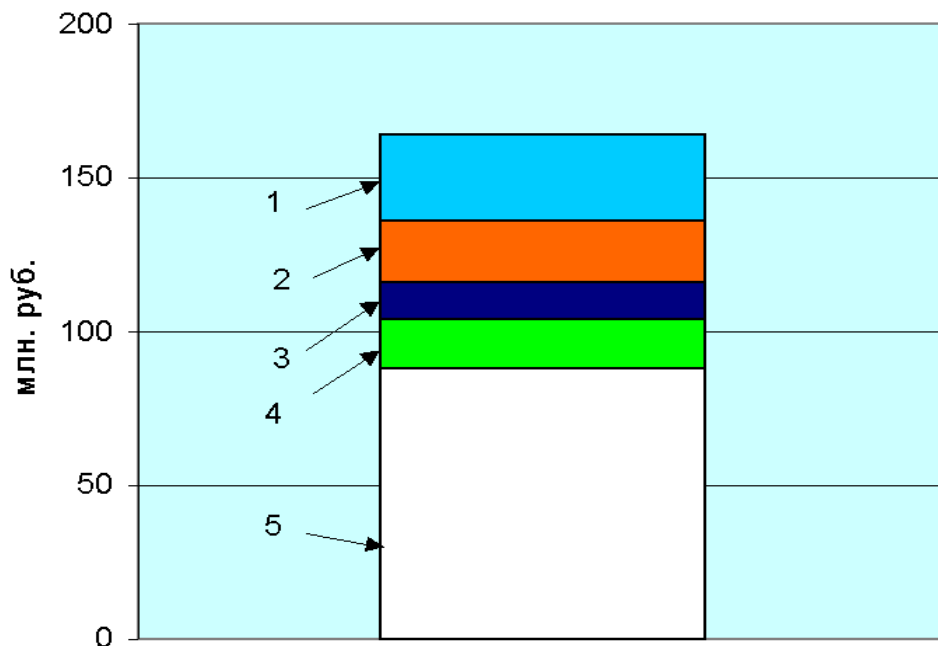
Экологичность АЭС

Экологическим преимуществом АЭС перед энергетикой на органическом топливе (уголь, газ, мазут) является отсутствие выбросов диоксида углерода, концентрация которого в атмосфере возрастает ежегодно на 0,4, % и в настоящее время на 27 % выше, чем в доиндустриальный период (150 лет назад)

Поглощение диоксидом углерода теплового излучения поверхности земли приводит к нагреву нижнего слоя атмосферы («парниковый эффект») и к росту средней глобальной температуры на 0,5 К за каждые 10 лет

Относительная дешевизна топлива

Годовые эксплуатационные расходы на АЭС электрической мощностью 1000 МВт с реактором PWR (ким = 80%)

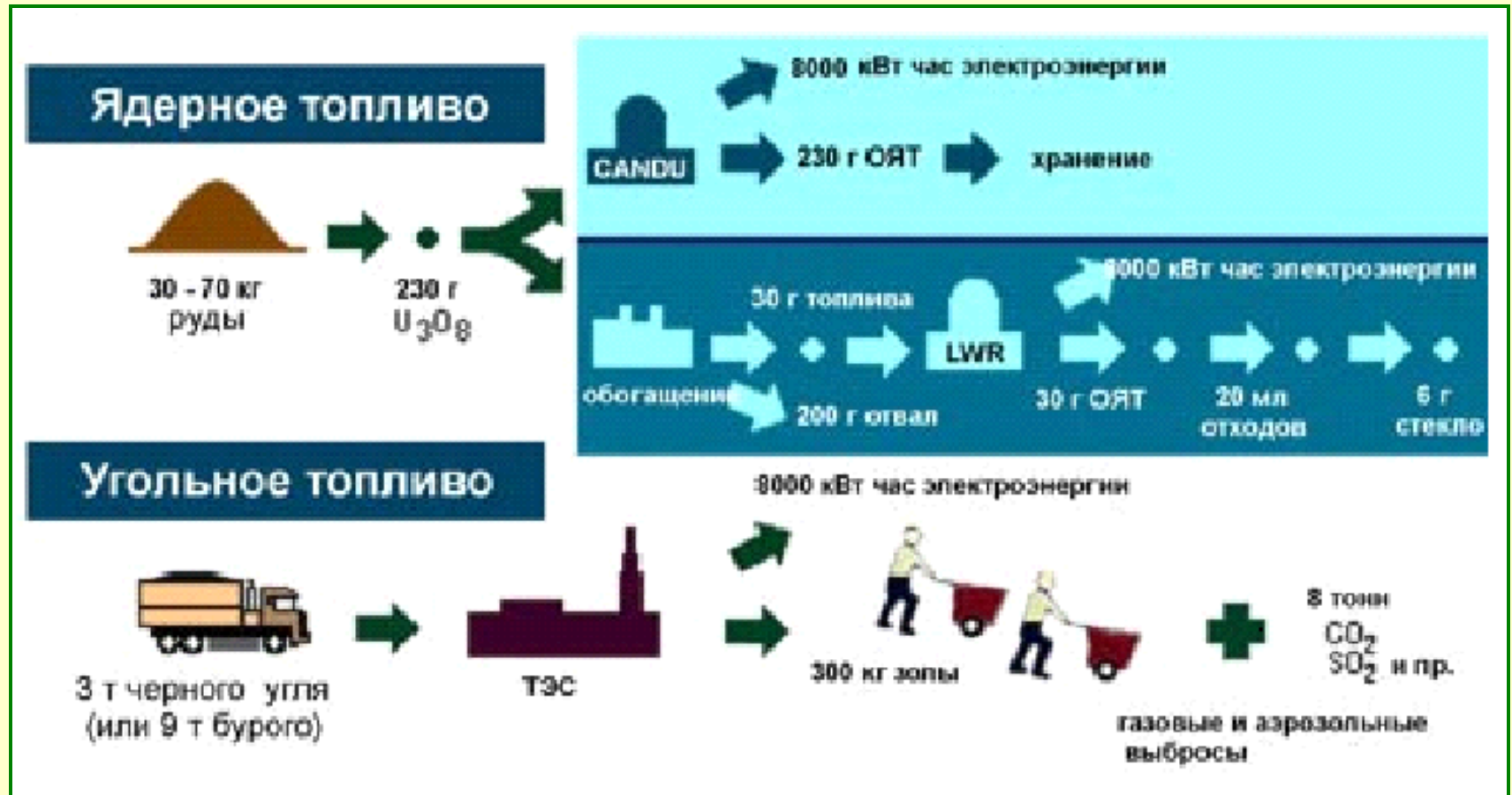


1-расходы на топливо (включая долгосрочное хранение ОЯТ);
2-другие расходы;
3-налог с юридических лиц;
4-дополнительные новые капиталовложения;
5-затраты на эксплуатацию и техобслуживание

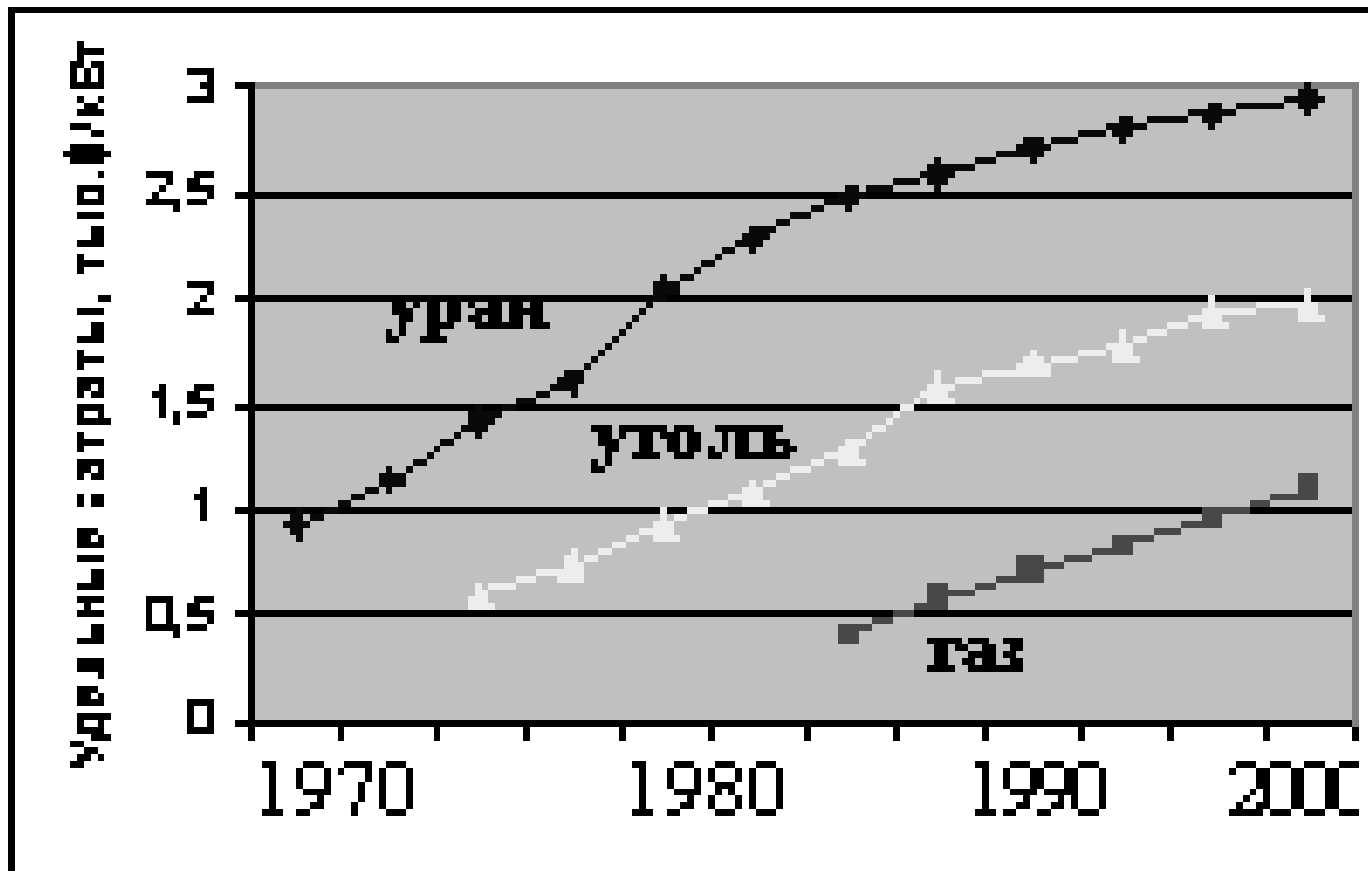
Соотношение стоимости производства электроэнергии для ТЭС на угле и АЭС

| Страна | Год прогноза/ввод в эксплуатацию | | | | |
|----------------|---|------------|---------------------|------------------|------------|
| | 1982/ 1990 | 1985/ 1995 | 1989/ 1995- 2000 | 1991/ нет данных | 1992/ 2010 |
| | Предполагаемый срок службы станции, лет | | | | |
| | 20 | 25 | 30 | 30 | Нет данных |
| Канада | 1.42 | 1.44 | 1.33 | 1.27 | 1.14 |
| ФРГ | 1.64 | 1.68 | 1.42 | 1.3 | 1.52 |
| Франция | 1.75 | 1.8 | 1.45 | 1.44 | 1.54 |
| Япония | 1.51 | 1.37 | 1.28 | 1.24 | 1.18 |
| Великобритания | 1.43 | 1.4 | 1.06 | - | 0.98 |
| США | 1.01 | 0.83 | 0.91 | - | 1.04 |

Сравнительные характеристики ядерного топлива и угля



Удельные капитальные затраты на строительство ЭС разного типа



Среднее время строительства энергоблоков АЭС

| Действующие ядерные энергоблоки (год подключения к энергосети) | | | | | | | | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | 1977–1982 гг. | | 1983–1988 гг. | | 1989–1994 гг. | | 1995–2000 гг. | |
| Страна | №бл | Тстр, мес. | №бл | Тстр, мес. | №бл | Тстр, мес. | №бл | Тстр, мес. |
| Германия | 7 | 76 | 10 | 107 | 2 | 112 | | |
| Канада | 6 | 83 | 7 | 92 | 4 | 100 | | |
| Россия | 7 | 80 | 9 | 76 | 2 | 89 | | |
| США | 18 | 110 | 33 | 138 | 6 | 188 | 1 | 279 |
| Франция | 23 | 64 | 26 | 77 | 6 | 95 | 4 | 126 |
| Япония | 12 | 58 | 13 | 47 | 13 | 55 | 3 | 44 |
| Всего | 109 | 79 | 151 | 98 | 47 | 99 | 27 | 117 |

Требования к атомным электростанциям

- безопасность (общая, радиационная, ядерная);
- надежность ($50 \pm 0,1$ гц; $t_{СВ} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$);
- ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Повышение качества работы АЭС (10 показателей ВАО)

За последние 10 лет

- коэффициент готовности вырос с 76 до 85%
- количество аварийных остановов снизилось с 1,8 до 0,7 на реакторо-год
- коллективная доза облучения снизилась с 170 до 100 бэр/блок в год

Классификация АЭС (АС)

- по функциональному назначению (АЭС, АТЭЦ, АСТ)
- по числу контуров
- по типу ЯППУ
- по типу и параметрам турбин
- по использованию мощности

АС различают по назначению

- АЭС, АКЭС – выработка эл.энергии
- **АТЭЦ – выработка эл.и теплоэнергии**
- АСТ – выработка теплоэнергии

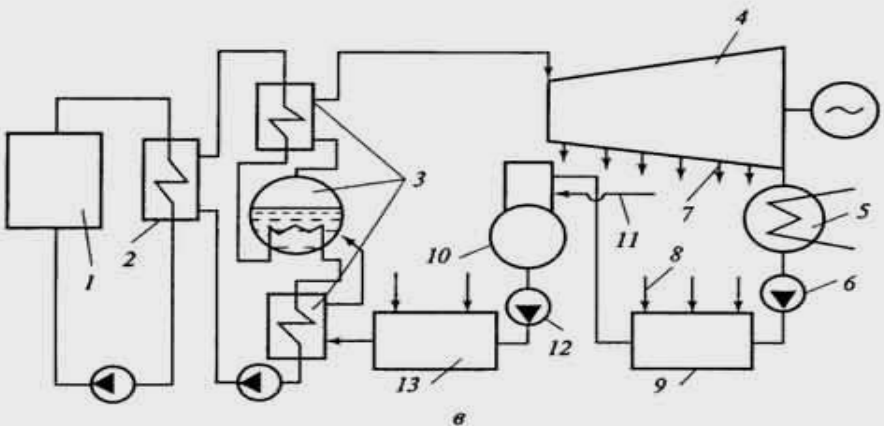
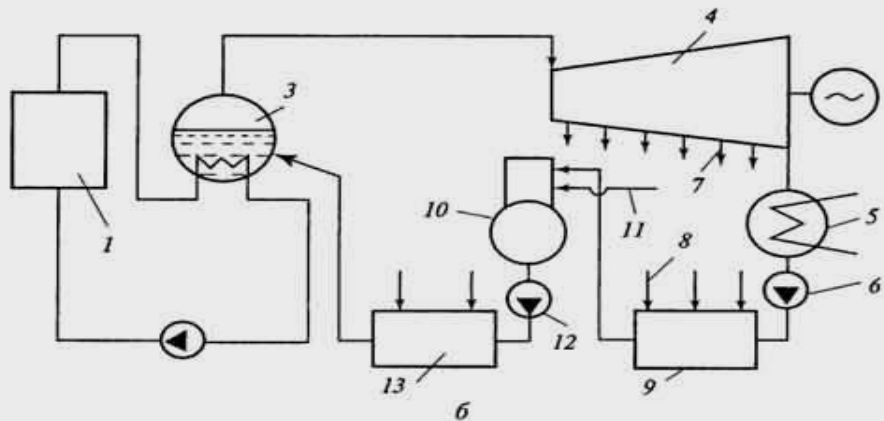
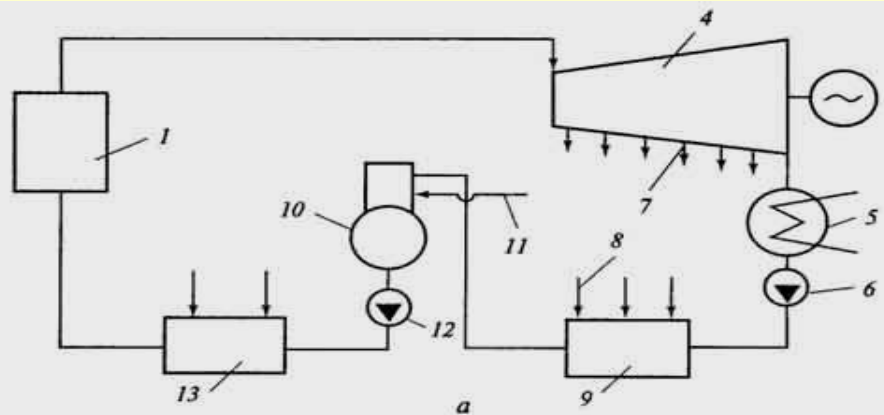
АЭС различают по использованию мощности

- базовые $T_{уст} > 5000$ ч/год
- полупиковые $T_{уст} = 3000-4000$ ч/год
- пиковые $T_{уст} < 1500$ ч/год

АЭС различают по числу контуров

- одноконтурные АЭС (с реакторами ВК, ЭГП, РБМК, BWR, ...)
- двухконтурные АЭС (с реакторами ВВЭР, PWR,...)
- трехконтурные АЭС (с реакторами БН)

Схемы АЭС с разным числом контуров



Одноконтурные АЭС

- Достоинства:
 - простота схемы
- Недостатки:
 - радиоактивность рабочего тела
 - низкая тепл.экономичность
 - неуд.динамические свойства

Ленинградская, Курская, Смоленская, Билибинская АЭС

Курская АЭС



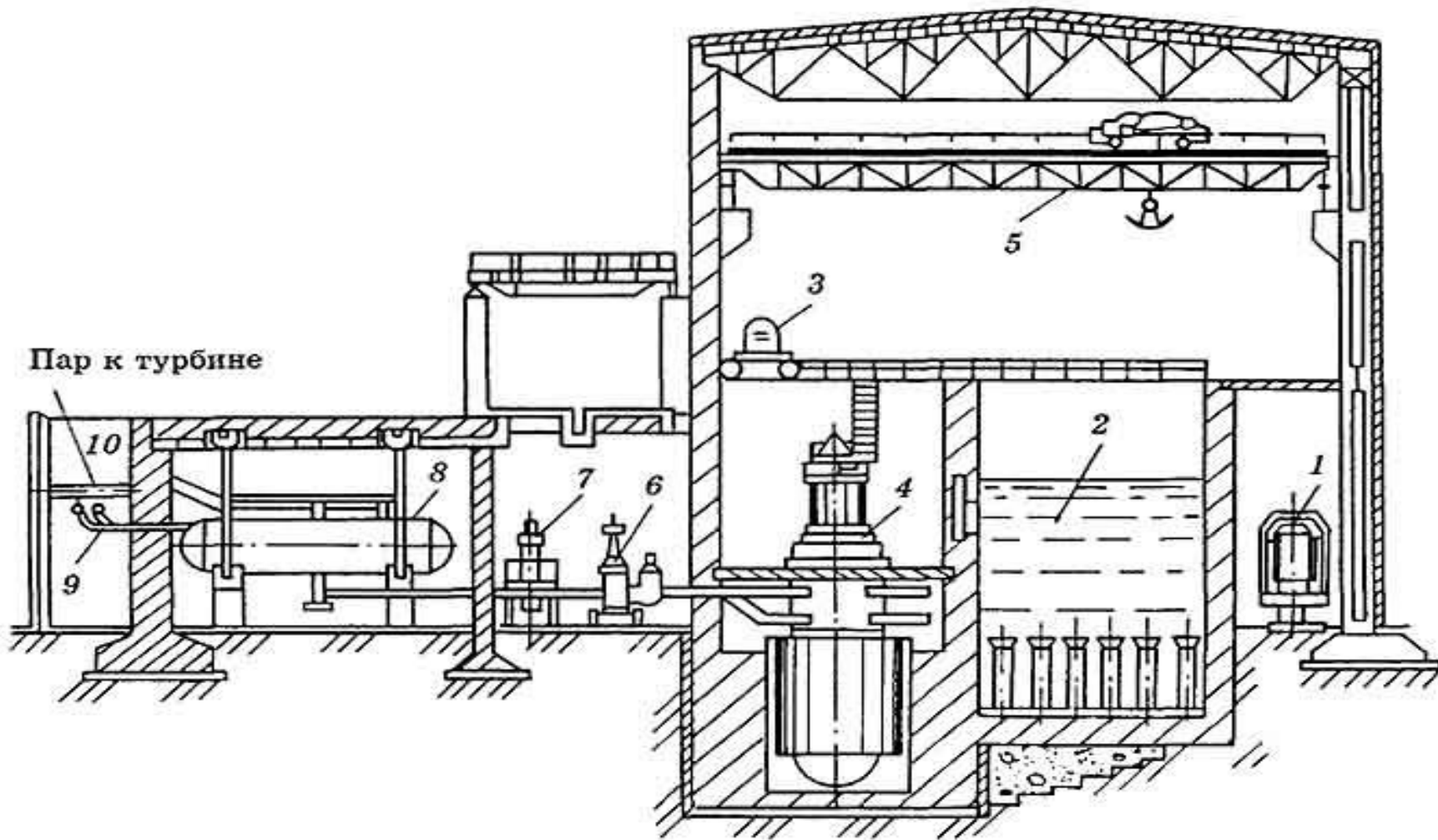
11.12.2009 2008-2100 г. пуск 5-го энергоблока РБМК-1000

Двухконтурные АЭС

- Достоинства:
 - рабочее тело нерадиоактивно
 - удовлетворительные динамические свойства
- Недостатки:
 - сложность схемы
 - большие капитальные затраты
 - низкая тепловая экономичность

Нововоронежская, Кольская, Калининская, Балаковская, Ростовская АЭС

Технологическая схема 1-го контура АЭС



Калининская АЭС



11.12.2009 2004 г., пущен 3-ий энергоблок ВВЭР-1000

Трехконтурные АЭС

- Достоинства:
 - рабочее тело нерадиоактивно
 - хорошие динамические свойства
 - высокая тепл. экономичность
- Недостатки:
 - сложность схемы
 - большие капит. затраты

Белоярская АЭС

Белоярская АЭС



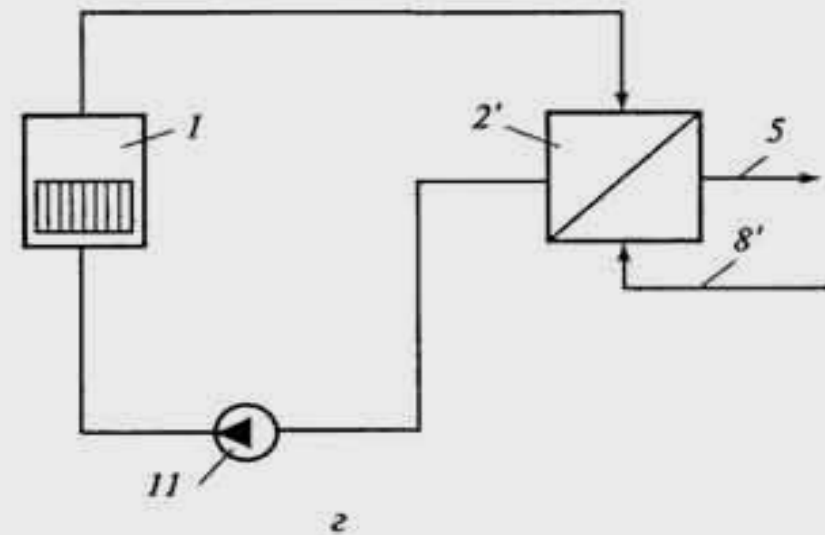
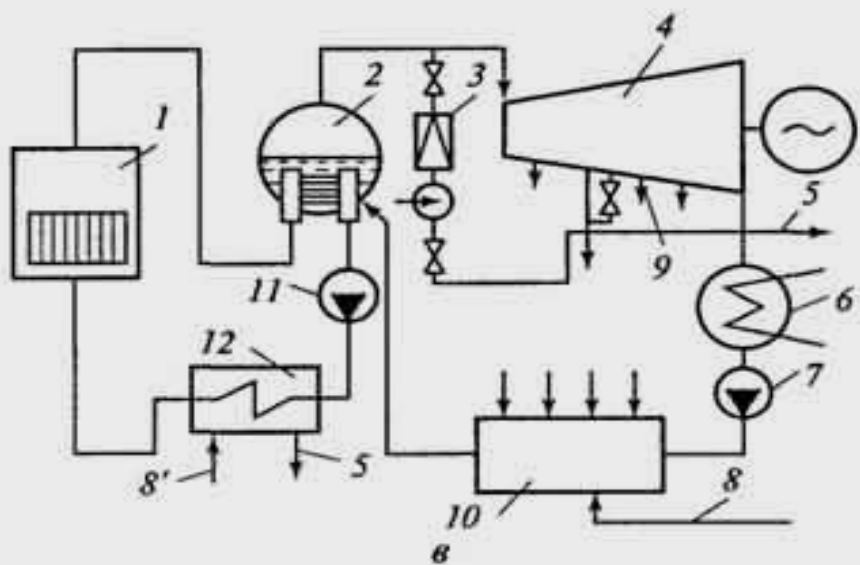
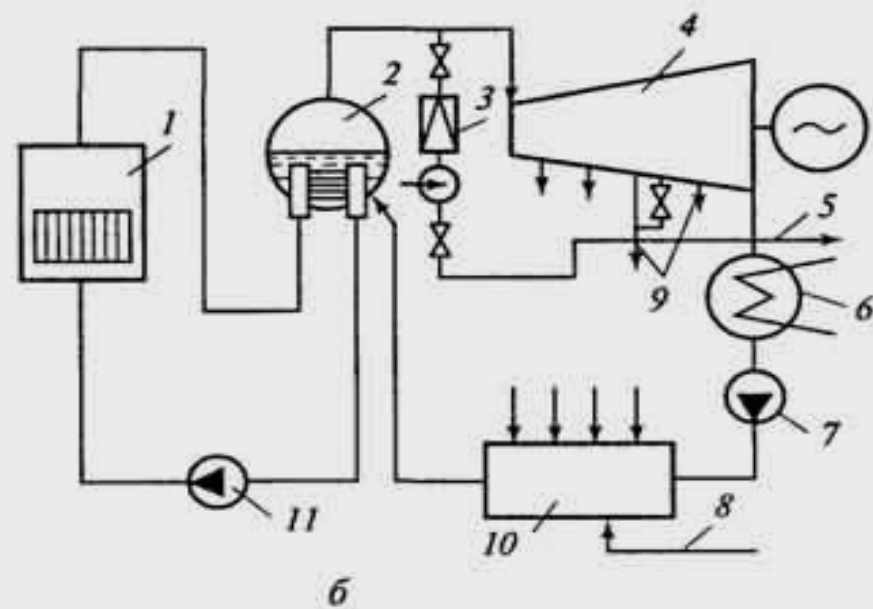
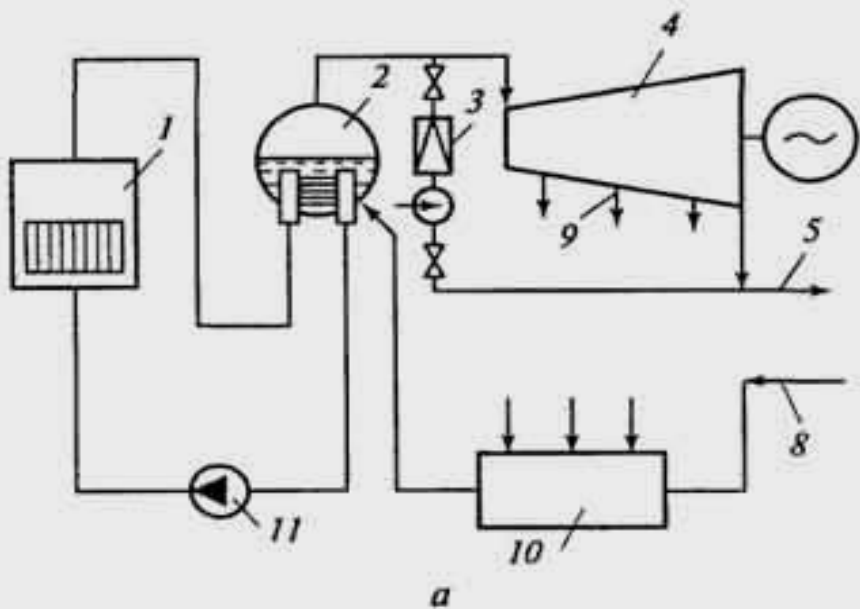
11.12.2009
начато строительство энергоблока БН-800

ТИПЫ АЭС

Классификация по назначению

- конденсационные АЭС, АКЭС
- теплоэлектроцентрали АТЭЦ
- атомные станции теплоснабжения АСТ

Упрощенные схемы АТЭС



Билибинская АТЭЦ



11.12.2009

41

Атомные станции теплоснабжения

- Реактор работает только при низких температурах
- Относительно недорогие материалы
- Простая схема
- Легкое регулирование
- В ряде случаев экономически выгодна

Атомные станции теплоснабжения

- Необходимость использования трехконтурной схемы

Лучшие в мире блоки АЭС по использованию мощности

| | | | | | |
|-----|---------------|-------|--------|------|-----------|
| 1. | Эмсланд | PWR | 92,9 % | 1988 | Германия |
| 2. | Некар-2 | PWR | 90,9 % | 1988 | Германия |
| 3. | Гронде | PWR | 90,3 % | 1984 | Германия |
| 4. | ТВО-1 | BWR | 88,9 % | 1978 | Финляндия |
| 5. | Вулсон-2 | CANDU | 88,8 % | 1997 | Ю. Корея |
| 6. | ТВО-2 | BWR | 88,3 % | 1980 | Финляндия |
| 7. | Вулсон-3 | CANDU | 87,9 % | 1998 | Ю. Корея |
| 8. | Ловииса-2 | PWR | 87,6 % | 1980 | Финляндия |
| 9. | Ульчин-4 | PWR | 87,3 % | 1999 | Ю. Корея |
| 10. | Тианж-3 | PWR | 87,1 % | 1985 | Бельгия |
| 11. | Вулсон-4 | CANDU | 87,1 % | 1999 | Ю. Корея |
| 12. | Филиппсбург-2 | PWR | 87,0 % | 1984 | Германия |
| 13. | Йонгван-4 | PWR | 86,9 % | 1995 | Ю. Корея |
| 14. | Вогл-2 | PWR | 86,9% | 1989 | США |
| 15. | Пакш-4 | PWR | 86,9 % | 1987 | Венгрия |